



(11) Numéro de publication : **0 537 041 A1**

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : 92402560.4

(51) Int. Cl.⁶ : **G05B 9/02, B21B 33/00**

(22) Date de dépôt : 17.09.92

(30) Priorité : 07.10.91 FR 9112323

(43) Date de publication de la demande :
14.04.93 Bulletin 93/15

(84) Etats contractants désignés :
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL PT SE

(71) Demandeur : **SOLLAC**
Immeuble "Elysées-La Défense" 29 le Parvis
F-92800 Putaux (FR)

(72) Inventeur : **D'Andrea, Angel**
Décédé.
(.)

Inventeur : **Kiener, Philippe**
6 rue d'Algérie

F-57050 Le Ban Saint Martin (FR)

Inventeur : **Philippe, Denis**

38 rue du Léomont

F-54600 Villers Les Nancy (FR)

Inventeur : **Puissant, Alain**

103 rue Roosevelt

F-57110 Yutz (FR)

Inventeur : **Ragot, José**

22 rue de l'Abbaye de Clairieu

F-54600 Villiers-Les-Nancy (FR)

(74) Mandataire : **Habasque, Etienne Joel**
Jean-François et al
Cabinet Lavoix 2, Place d'Estienne d'Orves
F-75441 Paris Cédex 09 (FR)

(54) **Procédé et dispositif de surveillance de capteurs et de localisation de pannes d'un processus industriel.**

(57) Ce procédé de surveillance d'un processus industriel comportant une succession d'étapes P1 à Pn de transformation d'un produit d'un état initial Y0 à un état final Yn, dans lequel chaque étape Pi et chaque état Yi sont caractérisés par des paramètres représentatifs, est caractérisé en ce qu'on calcule pour chaque étape Pi, les paramètres représentatifs de l'état Yi du produit, à l'aide d'un modèle mathématique Fi représentatif de ladite étape, à partir des paramètres représentatifs de l'état Yi-1 du produit avant l'étape et des paramètres représentatifs de l'étape Pi; on mesure les paramètres représentatifs de l'état final Yn du produit; on compare les valeurs des paramètres calculés et mesurés représentatifs de l'état final du produit pour en déterminer des écarts; et on compare les valeurs des paramètres mesurés à des fourchettes de tolérance et les écarts calculés à des seuils de tolérance pour déterminer, en cas de discordance, un dysfonctionnement d'au moins un capteur et/ou d'au moins une étape du processus.

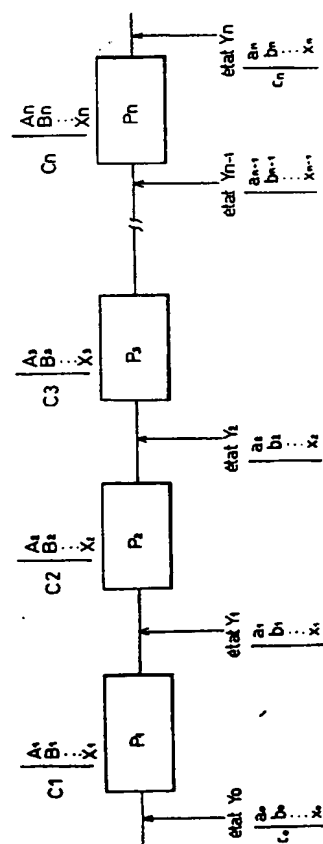


FIG.1

EP 0 537 041 A1

La présente invention concerne un procédé et un dispositif de surveillance de capteurs et de localisation de pannes d'un processus industriel.

Dans l'industrie et en particulier dans l'industrie sidérurgique, où l'automatisme prend une part de plus en plus importante, il est de plus en plus fréquent d'automatiser les processus industriels, c'est à dire les successions d'opérations ou d'étapes élémentaires de transformation d'un produit, par lesquelles on agit sur un produit ou élément de matière pour l'amener d'un état initial à un état final déterminé.

Pour cela, des capteurs contrôlant les paramètres du produit à différents stades du processus industriel, par exemple l'épaisseur d'une tôle, sa longueur et sa température dans un processus de laminage à chaud matérialisé par plusieurs cages de laminage, sont disposés après chaque étape élémentaire du processus.

L'information délivrée par chaque capteur est alors saisie dans un calculateur qui selon la valeur de cette information, agit sur les différents dispositifs permettant la mise en oeuvre de ce processus.

Ainsi par exemple, dans le cas du laminage à chaud, une diminution subite d'épaisseur d'une tôle entraîne par réaction automatique, une intervention sur les paramètres de commande de la cage de laminage précédente, en modifiant l'écartement des rouleaux de celle-ci.

De nos jours, on peut considérer que la régulation automatique des processus industriels est très fiable et que l'action corrective face à une information délivrée par un capteur est quasi-immédiate.

Le problème qui se pose pour l'opérateur qui surveille le bon fonctionnement de la régulation, réside dans la fiabilité des différents capteurs.

En effet, il peut arriver que l'information donnée par un capteur ne soit pas le reflet de la situation réelle.

Ceci peut être dû à un mauvais fonctionnement de ce capteur ou à une dérive progressive de celui-ci.

Dans ce cas, les moyens de régulation considérant l'information délivrée par le capteur comme exacte, entraînent une action corrective sur le dispositif permettant la mise en oeuvre du processus, ce qui se répercute à l'état final du produit et se traduit par des défauts de celui-ci.

Ainsi par exemple, dans le cas du laminage, un capteur d'épaisseur qui dérive et fournit une information croissante au calculateur, entraîne automatiquement un rapprochement des rouleaux de la cage de laminage précédente, sans rapport avec la réalité.

Par ailleurs, la présence de capteurs de contrôle à chaque étape du processus industriel à surveiller, conduit rapidement à une multitude de capteurs à installer et à entretenir, ce qui entraîne un coût très élevé et une interprétation des résultats très complexe.

Le but de l'invention est donc de résoudre ces

problèmes en proposant un procédé et un dispositif de contrôle du fonctionnement des capteurs et de localisation des pannes d'un processus industriel qui soient simples, fiables, dont la mise en oeuvre soit rapide et d'un prix de revient peu élevé.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de contrôle du fonctionnement de capteurs et de localisation de pannes d'un processus industriel comportant une succession d'étapes élémentaires P_1 à P_n de transformation d'un produit d'un état initial Y_0 à un état final Y_n , dans lequel chaque étape P_i est caractérisée par des paramètres représentatifs A_i, B_i, \dots, X_i et chaque état Y_i du produit est caractérisé par des paramètres représentatifs a_i, b_i, \dots, x_i , caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- on calcule pour chaque étape P_i du processus, de l'étape P_1 à l'étape P_n , les paramètres représentatifs de l'état Y_i du produit, à l'aide d'un modèle mathématique F_i représentatif de ladite étape, à partir des paramètres représentatifs de l'état Y_{i-1} du produit avant l'étape et des paramètres représentatifs de l'étape P_i ;
- on mesure les paramètres représentatifs de l'état final Y_n du produit;
- on compare les valeurs des paramètres calculés et mesurés représentatifs de l'état final du produit pour en déterminer des écarts; et
- on compare les valeurs des paramètres mesurés à des fourchettes de tolérance et les écarts calculés à des seuils de tolérance pour déterminer, en cas de discordance, un dysfonctionnement d'au moins un capteur et/ou d'au moins une étape du processus.

Ainsi, si les valeurs mesurées des paramètres représentatifs de l'état final Y_n du produit sont comprises dans les fourchettes de tolérance correspondantes, et si les écarts calculés sont inférieurs aux seuils de tolérance correspondants, on considère que les capteurs et les différentes étapes du processus fonctionnent correctement.

Par contre, si au moins une valeur mesurée d'un paramètre représentatif de l'état Y_n du produit dépasse la fourchette de tolérance correspondante et si l'écart associé est inférieur au seuil de tolérance correspondant, on considère que le dysfonctionnement ne vient pas du capteur correspondant, mais d'une ou de plusieurs étapes du processus.

Enfin, si un écart calculé dépasse le seuil de tolérance correspondant, on considère que soit le capteur correspondant ne fonctionne pas correctement, soit une panne affecte une ou plusieurs étapes du processus industriel.

Selon un autre aspect, l'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé tel que décrit précédemment.

L'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins an-

nexés, sur lesquels :

- la Fig.1 représente une vue schématique illustrant les différentes étapes d'un processus industriel;
- la Fig.2 représente un schéma synoptique d'un dispositif pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'invention;
- la Fig.3 représente un organigramme illustrant le fonctionnement du dispositif représenté sur la Fig.2; et
- la Fig.4 représente une vue schématique d'une application d'un procédé selon l'invention à un train de laminage de bandes.

Ainsi qu'on peut le voir sur la Fig.1, un processus industriel est une succession d'étapes élémentaires désignées par les références P1, P2, P3 et Pn sur cette figure.

Chaque étape est liée à au moins une étape précédente et à au moins une étape suivante, à l'exception bien sûr de la première étape P1 et de la dernière étape Pn.

Chaque étape Pi peut se caractériser par des paramètres d'étape Ai, Bi, ... Xi.

Ainsi, par exemple, l'étape P1 se caractérise par les paramètres A1, B1 ... X1 et l'étape Pn se caractérise par les paramètres An, Bn ... Xn.

Chaque paramètre Ai, Bi ... Xi représentatif de l'étape Pi est mesuré à l'aide d'un capteur de type classique assurant le suivi du processus industriel.

Ces capteurs sont désignés par les références C1, C2, C3 et Cn.

De même, le produit transformé au cours de ce processus industriel, lors des différentes étapes Pi, passe d'un état initial Yo à un état final Yn par une succession d'états intermédiaire.

Chaque état Yi de ce produit peut se caractériser par des paramètres ai, bi ... xi.

Pour les besoins de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, seuls les paramètres ao, bo, ... xo de l'état initial Yo du produit et les paramètres an, bn, ... xn de l'état final Yn du produit, sont mesurés à l'aide de capteurs de type classique, et désignés par les références co et cn respectivement.

Comme on peut le voir sur la Fig.2, ces différents capteurs sont reliés à une unité centrale de traitement d'informations et de calcul désignée par la référence 1 et constituée par exemple par un ensemble à micro-processeur. Cette unité est reliée à des moyens de mémorisation 2 et à des moyens d'affichage d'informations 3 et réalise les opérations de calcul, de comparaison et de détermination décrites par la suite.

Le fonctionnement de cette unité centrale de calcul et des organes associés sera décrit ci-dessous en regard de la Fig.3.

Comme on peut le voir sur cette Fig.3, il est possible, à partir des valeurs mesurées des paramètres ao, bo ... xo représentatifs de l'état initial Yo du produit, et des paramètres A1, B1, ... X1 représentatifs de

l'étape P1 du processus, de calculer les paramètres a1, b1 ... x1 représentatifs de l'état Y1 du produit après l'étape P1, à l'aide d'un modèle mathématique qui sera décrit plus en détail par la suite et ceci par la formule suivante :

$$(a1, b1, \dots x1) = F1(ao, bo \dots xo, A1, B1 \dots X1)$$

On calcule ensuite de manière identique les paramètres représentatifs de l'état Y2 du produit après l'étape P2, à l'aide d'un modèle mathématique F2, à partir des paramètres représentatifs calculés dans l'étape précédente du procédé, et correspondants à l'état Y1 du produit et des paramètres représentatifs de l'étape P2, ce qui donne la formule suivante :

$$(a2, b2, \dots x2) = F2(a1, b1 \dots x1, A2, B2, \dots X2)$$

On calcule ainsi tous les paramètres ai, bi ... xi des différents états Yi du produit jusqu'aux paramètres représentatifs de l'état final Yn du produit. Ces derniers sont calculés à l'aide d'un modèle mathématique Fn, à partir des paramètres représentatifs de l'état Yn-1 du produit et des paramètres représentatifs de l'étape Pn suivant la formule suivante:

$$(an, bn, \dots xn) = Fn(an-1, bn-1 \dots xn-1, An, Bn, \dots Xn)$$

Ces différents calculs sont schématisés sur la Fig.3, dans laquelle on reconnaît dans le bloc désigné par la référence 4, la mesure des paramètres représentatifs de l'état initial Yo du produit avant son passage dans la première étape du processus, à l'aide des capteurs co. Les paramètres représentatifs de l'étape P1 sont mesurés en 5 et le calcul à l'aide du modèle mathématique F1 est prévu en 6 pour obtenir, en 7, le calcul des paramètres représentatifs de l'état Y1 du produit. En 8 est prévue la mesure des paramètres représentatifs de l'étape P2 et en 9 le calcul des paramètres représentatifs de l'état Y2 du produit, à l'aide du modèle mathématique F2. Ces différentes opérations se poursuivent jusqu'à la dernière étape Pn du processus industriel.

Lors de ce dernier calcul, les paramètres représentatifs de cette étape Pn sont mesurés en 10 et le calcul, en 11, à l'aide du modèle mathématique Fn permet d'obtenir en 12 les paramètres représentatifs de l'état Yn du produit à la fin du traitement.

Les paramètres calculés représentatifs de l'état Yn du produit sont ensuite comparés à des valeurs de ces paramètres mesurées en 13 à l'aide des capteurs cn décrits précédemment.

Cette comparaison est prévue en 14 et permet de déduire des écarts za, zb, ... zx en 15.

Ces écarts za, zb, ... zx sont alors comparés en 16 à des seuils de tolérance Za, Zb, ... Zx délivrés par une étape 17 et fixés par exemple par un opérateur.

Cet opérateur peut également fixer en 18 des fourchettes de tolérance des paramètres de l'état final Yn du produit, ces fourchettes étant comparées lors de l'étape 19 aux paramètres mesurés lors de l'étape 13 et représentatifs de l'état final du produit.

Plusieurs cas peuvent alors se présenter.

En effet, si les valeurs mesurées des paramètres a_n, b_n, \dots, x_n représentatifs de l'état final Y_n du produit, sont comprises dans les fourchettes de tolérance correspondantes et si les écarts z_a, z_b, \dots, z_x sont inférieurs aux seuils de tolérance Z_a, Z_b, \dots, Z_x correspondants, on considère que les différents capteurs et les différentes étapes du processus fonctionnent correctement.

Par contre, si au moins une valeur mesurée d'un paramètre représentatif a_n, b_n, \dots, x_n de l'état final Y_n du produit dépasse la fourchette de tolérance correspondante et si l'écart z_a, z_b, \dots, z_x associé est inférieur au seuil de tolérance correspondant, on considère que le capteur de mesure de ce paramètre fonctionne correctement et que la discordance est due à un dysfonctionnement d'au moins une étape du processus industriel.

Enfin, si un écart calculé z_a, z_b, \dots, z_x dépasse le seuil de tolérance correspond Z_a, Z_b, \dots, Z_x , on considère que soit le capteur réalisant la mesure du paramètre considéré ne fonctionne pas correctement, soit une panne affecte une ou plusieurs étapes P_1 à P_n du processus industriel.

Il est alors possible grâce à l'unité de calcul de surveiller les valeurs des paramètres a_i, b_i, \dots, x_i de chaque état Y_i du produit afin de localiser l'étape P_i au cours de laquelle apparaît le dysfonctionnement.

Ceci est par exemple réalisé par une vérification des bilans matière de chaque étape dans le cas d'un laminage comme cela sera décrit plus en détail par la suite.

Sur la Fig.4, on a en effet illustré une application de ce procédé et de ce dispositif à la surveillance du fonctionnement d'un train de laminage.

Dans ce cas, chaque étape du processus industriel est mis en oeuvre par une cage de laminage.

Le produit à traiter se présente sous la forme d'une bande dont les paramètres représentatifs sont la largeur l_i , la vitesse de défilement V_i , l'épaisseur e_i et la température t_i .

Les paramètres représentatifs de chaque étape P_i sont la force exercée par la bande sur les rouleaux de la cage de laminage F_i , la vitesse de rotation des rouleaux de cette cage N_i , l'intensité circulant dans le moteur d'entraînement des rouleaux I_i , et la position des vis de réglage de ces rouleaux M_i .

En amont du processus de laminage, la bande présente une épaisseur e_o , une vitesse de défilement avant la première cage de laminage V_o , une température t_o et une largeur l_o .

Ces valeurs e_o, V_o, t_o, l_o sont soit connues au préalable, soit mesurées à l'aide des capteurs tels que les capteurs c_o mentionnés en regard de la Fig.1.

Bien entendu, ces différents capteurs sont de type connu en soi et ne seront pas décrits plus en détail.

L'épaisseur de la bande laminée à la sortie de la première cage de laminage est calculée grâce à la

formule suivante :

$$e_1 = f(M_1, F_1, l_o).$$

Par ailleurs la vitesse de défilement V_i peut également être calculée par exemple à partir du bilan matière de l'étape P_1 :

$$V_1 = g(e_o, e_1, N_1)$$

En utilisant ainsi plusieurs modèles mathématiques, on calcule les différents paramètres du produit.

On calcule alors les paramètres de ce produit pour chaque étape jusqu'à la dernière dans laquelle on obtient les valeurs e_n, V_n, t_n et l_n .

L'unité de calcul 1 compare ensuite ces valeurs calculées avec des valeurs mesurées par les capteurs c_n représentés sur la Fig.1.

Ainsi, par exemple, cette unité de calcul 1 compare la valeur de e_n mesurée par un capteur d'épaisseur et la valeur de e_n calculée.

Si ces deux valeurs sont similaires et que la valeur e_n mesurée est satisfaisante compte tenu des critères liés au laminage, c'est à dire est comprise dans la fourchette de tolérance correspondante, on considère que l'ensemble du processus et les capteurs fonctionnent correctement.

Si les deux valeurs de e_n mesurée et calculée sont similaires, et que la valeur de e_n mesurée n'entre pas dans la fourchette de tolérance correspondante, on en déduit un bon fonctionnement du capteur de mesure de l'épaisseur et un dysfonctionnement au niveau d'une ou de plusieurs cages de laminage.

L'unité de calcul vérifie alors les bilans matière de chaque étape pour en déduire la cage posant problème.

Enfin, si la valeur de e_n mesurée est différente de la valeur de e_n calculée, l'unité de calcul conclut à un défaut du capteur de mesure de l'épaisseur en ou à un dysfonctionnement dans le processus, affectant une variable autre que celles prises en compte dans les modèles mathématiques de calcul des paramètres représentatifs des différents états du produit.

Revendications

1. Procédé de contrôle du fonctionnement de capteurs et de localisation de pannes d'un processus industriel comportant une succession d'étapes élémentaires P_1 à P_n de transformation d'un produit d'un état initial Y_o à un état final Y_n , dans lequel chaque étape P_i est caractérisée par des paramètres représentatifs A_i, B_i, \dots, X_i et chaque état Y_i du produit est caractérisé par des paramètres représentatifs a_i, b_i, \dots, x_i , caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- on calcule pour chaque étape P_i du processus, de l'étape P_1 à l'étape P_n , les paramètres représentatifs de l'état Y_i du produit, à l'aide d'un modèle mathématique F_i représentatif de ladite étape, à partir des para-

- mètres représentatifs de l'état Y_{i-1} du produit avant l'étape et des paramètres représentatifs de l'étape P_i ;
- on mesure les paramètres représentatifs de l'état final Y_n du produit;
 - on compare les valeurs des paramètres calculés et mesurés représentatifs de l'état final du produit pour en déterminer des écarts; et
 - on compare les valeurs des paramètres mesurés à des fourchettes de tolérance et les écarts calculés à des seuils de tolérance pour déterminer, en cas de discordance, un dysfonctionnement d'au moins un capteur et/ou d'au moins une étape du processus.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que si les valeurs mesurées des paramètres représentatifs de l'état final Y_n du produit sont comprises dans les fourchettes de tolérance correspondantes, et si les écarts calculés sont inférieurs aux seuils de tolérance correspondants, on considère que les capteurs et les différentes étapes du processus fonctionnent correctement.
 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que si au moins une valeur mesurée d'un paramètre représentatif de l'état Y_n du produit dépasse la fourchette de tolérance correspondante et si l'écart associé est inférieur au seuil de tolérance correspondant, on considère que le dysfonctionnement ne vient pas du capteur correspondant, mais d'une ou de plusieurs étapes du processus.
 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que si un écart calculé dépasse le seuil de tolérance correspondant, on considère que soit le capteur correspondant ne fonctionne pas correctement, soit une panne affecte une ou plusieurs étapes du processus industriel.
 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 ou 4, caractérisé en ce qu'on surveille les valeurs des paramètres de chaque état Y_i du produit afin de localiser l'étape P_i du processus au cours de laquelle apparaît le dysfonctionnement.
 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit processus industriel est un processus de laminage d'une bande et en ce que chaque étape P_i est matérialisée par une cage de laminage.
 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les paramètres a_i , b_i , ..., x_i représentatifs de l'état Y_i de la bande, sont la largeur de la bande l_i , la vitesse de défilement de cette bande V_i , l'épaisseur e_i de celle-ci et la température t_i de celle-ci.
 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 ou 7, caractérisé en ce que les paramètres A_i , B_i , ..., X_i représentatifs de l'étape P_i sont la force exercée par la bande sur les rouleaux de la cage de laminage F_i , la vitesse de rotation des rouleaux de la cage de laminage N_i , l'intensité du moteur d'entraînement des rouleaux de la cage I_i et la position des vis de réglage des rouleaux de la cage de laminage M_i .
 9. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (1) de calcul pour chaque étape P_i du processus, de l'étape P_1 à l'étape P_n , des paramètres représentatifs de l'état Y_i du produit, à l'aide d'un modèle mathématique F_i représentatif de ladite étape, à partir des paramètres représentatifs de l'état Y_{i-1} du produit avant l'étape et des paramètres représentatifs de l'étape P_i ; des moyens (cn) de mesure des paramètres représentatifs de l'état final Y_n du produit; des moyens (1) de comparaison des valeurs des paramètres calculés et mesurés représentatifs de l'état final du produit pour en déterminer des écarts; et des moyens (1) de comparaison des valeurs des paramètres mesurés à des fourchettes de tolérance et des écarts calculés à des seuils de tolérance pour déterminer, en cas de discordance, un dysfonctionnement d'au moins un capteur et/ou d'au moins une étape du processus.
 10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de calcul, les moyens de comparaison des valeurs des paramètres calculés et mesurés, et les moyens de comparaison des valeurs des paramètres mesurés à des fourchettes de tolérance et des écarts calculés à des seuils de tolérance, comprennent une unité centrale de traitement et de calcul à microprocesseur (1).

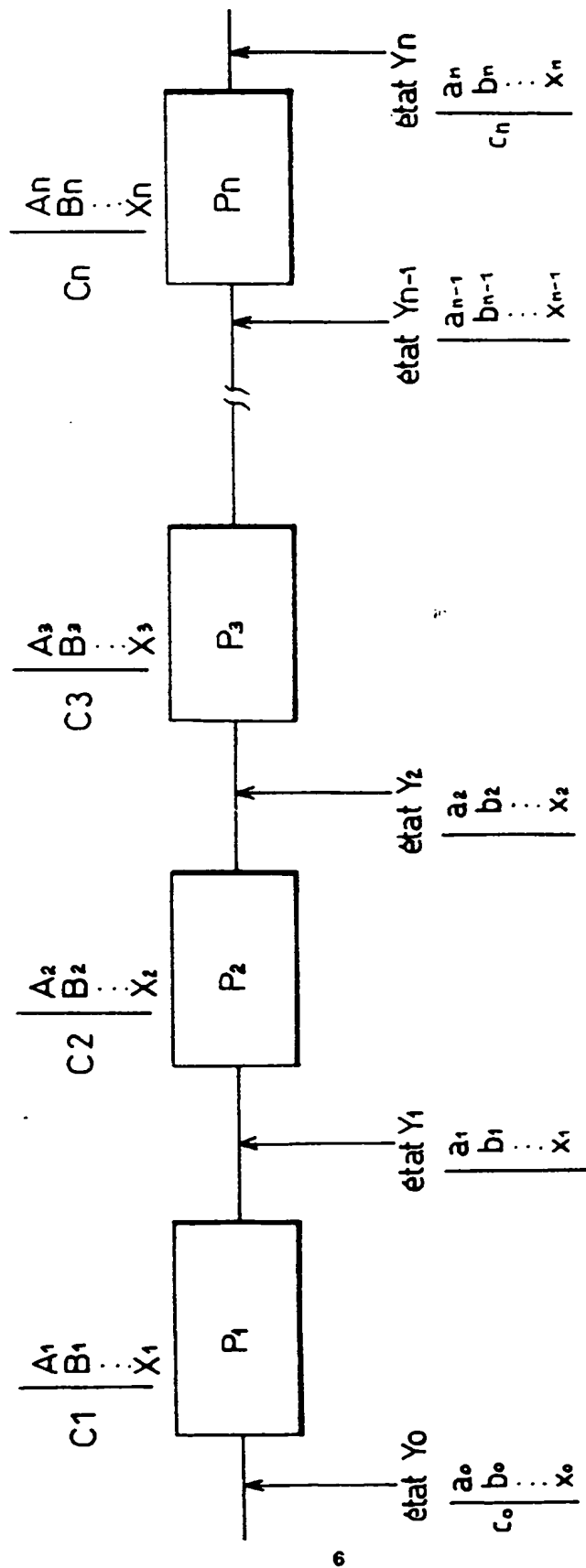


FIG. 1

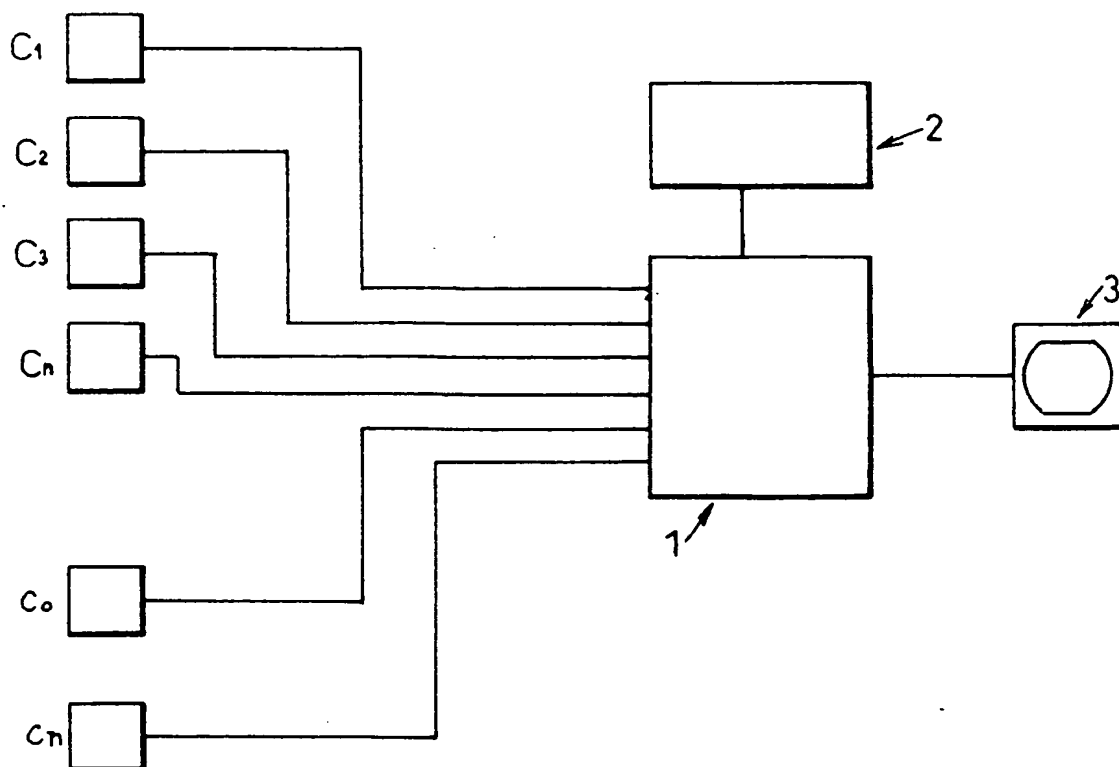
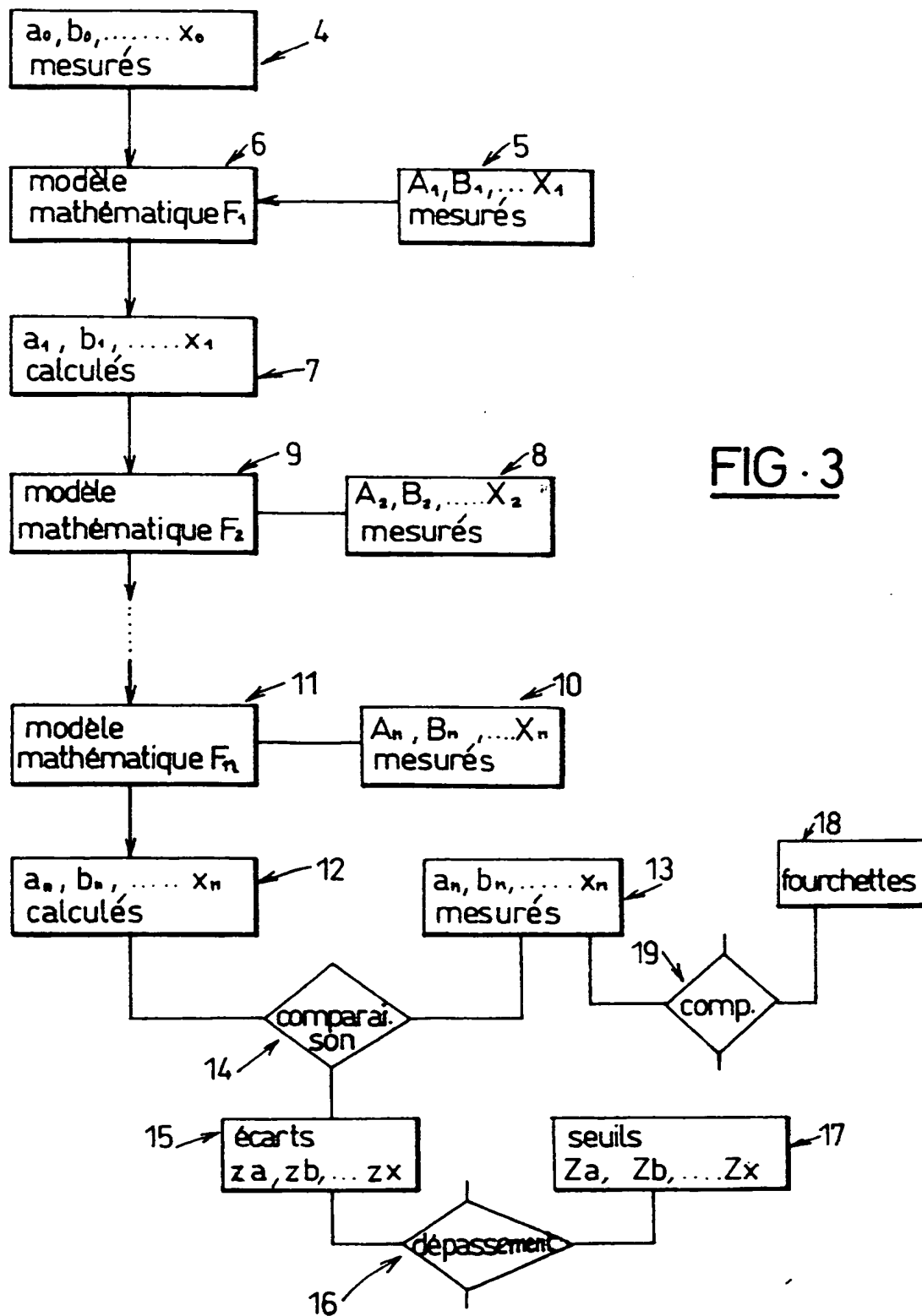


FIG. 2



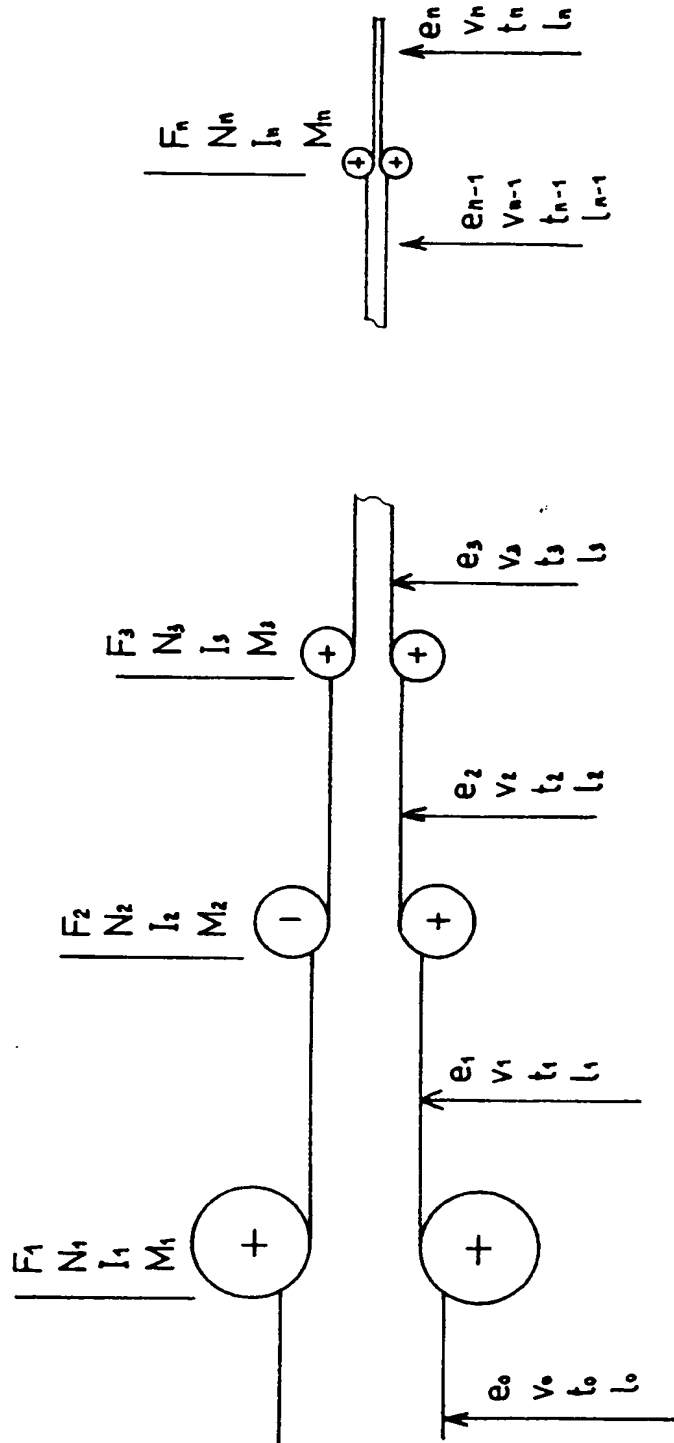


FIG. 4



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande

EP 92 40 2560

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no. 278 (P-242) 10 Décembre 1983 & JP-A-58 155 413 (MITSUBISHI JUKOGYO KK) 16 Septembre 1983 * abrégé *	1	G05B9/02 B21B33/00
A	US-A-4 249 238 (H.A. SPANG, III ET AL.) * colonne 2, ligne 10 - ligne 53; figures 1,2 *	1,2,9	
A	US-A-5 047 964 (L.A. LALLI) * revendications 1-4; figure 1 *	6-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			G05B B21B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lien de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 21 DECEMBRE 1992	Examinateur GOETZ P.A.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		I : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons A : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

RPO FORM 100 Q3.82 (P0402)